

Materialanomalie bei in Betrieb befindlichen Gasrohren aus Polyethylen

Im Rahmen eines DVGW-Forschungsvorhabens G 201510 [1] wurden Untersuchungen zu Ursachen der Materialanomalie, zum betrieblichen Umgang mit betroffenen Rohrleitungen und zum Langzeitverhalten der Rohre durchgeführt. Eine Einschränkung der Nutzungsdauer hat sich im Rahmen der Untersuchungen zwar nicht gezeigt, gleichwohl sind spezifische Handlungsempfehlungen im weiteren Betrieb zu beachten. Der Fachbeitrag gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Untersuchungen und fasst die daraus resultierenden Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Anomalie-betroffenen Rohrleitungsabschnitten zusammen.

von: Dr. Mirko Wenzel, Dr.-Ing. Kurt Engelsing (beide: SKZ – Das Kunststoff-Zentrum), Hans-Dieter Plum, Prof. Dr. Rainer Dahlmann (beide: Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen), Werner Weßing (Office for Green Gas), Dirk Grahl (Westnetz GmbH) & Klaus Büschel (DVGW e. V.)

Der Werkstoff Polyethylen (PE) hat sich seit mehr als 50 Jahren als zuverlässiger Werkstoff für Gas- und Wasserleitungen bewährt. Selbst Rohre aus Polyethylen der ersten Generation (PE 63) befinden sich nach wie vor im Einsatz und zeigen bislang keine zunehmende Schadensrate [2]. Allerdings wurden von Netzbetreibern Auffälligkeiten an gelben Gasrohren aus PE 80 berichtet. Festgestellt wurden diese Auffälligkeiten bei betrieblichen Maßnahmen wie z. B. der Erstellung von Gashaushaltsanschlüssen. Die betroffenen Rohre zeigen im Extremfall einen weißen, spröden Belag auf der Rohroberfläche und bei der Schweißvorbereitung fällt statt eines durchgängigen Spans ein pulver-

förmiger Materialabtrag an (Abb. 1). Dies hat einerseits zu Unsicherheiten beim betrieblichen Umgang mit solchen Rohrleitungen geführt und wirft andererseits die Frage nach der Ursache dieser Materialanomalie, dem Ausmaß der betroffenen Rohrleitungen und deren Langzeitverhalten auf. Der DVGW hat in diesem Zusammenhang bereits im Jahr 2015 in einem Rundschreiben [3] Handlungsempfehlungen veröffentlicht und eine Erfassung von Verdachtsfällen gestartet. Bis April 2021 wurden seitdem insgesamt 610 Verdachtsfälle bei 18 Netzbetreibern bekannt, wobei die Fallzahl je Netzbetreiber von eins bis über 500 reicht. Nach Veröffentlichung des Abschlussberichts wurden darüber hinaus neun Fälle gemeldet, in denen das Material der gelben Streifen von schwarzen PE-Rohren ebenso unter Verdacht steht, von der Anomalie betroffen zu sein.

Abb. 1: Gasrohre aus PE mit stark ausgeprägter Materialanomalie



Quelle: Westnetz

Werkstoffspezifische Untersuchungen

Die Auswertung der Verdachtsfälle zeigt, dass die Anomalie nur bei Rohren des Herstellzeitraums zwischen 1979 und 1992 auftritt. Betroffen waren zunächst ausschließlich gelb durchgefärbte Gasrohre, die zu ca. 90 Prozent einem Rohrerhersteller zuzuordnen sind, der mittlerweile nicht mehr existiert. Es wurden umfangreiche thermische, spektroskopische, rheologische und mechanische Untersuchungen an von der Anomalie betroffenen Rohren und an Vergleichsrohren ohne Anomalie durchge-

führt. Die Ergebnisse zeigen, dass die betroffenen Rohre aus dem gleichen Werkstoff eines Rohstoffherstellers gefertigt wurden. Zusätzliche Untersuchungen an von vier Netzbetreibern gemeldeten Anomaliefällen von drei verschiedenen Rohrherstellern zeigen eine übereinstimmende Kombination von Stabilisatoren und bestätigen insofern die Zuordnung zu einem Rohstoffhersteller.

Die infrarotspektroskopische Analyse, die mikroskopischen Untersuchungen, die Bestimmung der Oxidations-Induktionszeiten (OIT) und die rheologische Analyse zeigen, dass Materialveränderungen ausschließlich im unmittelbaren Bereich der Rohraußenwand (bis ca. 220 Mikrometer (μm) Tiefe) vorliegen. Dabei zeigen auch Probenabschnitte, die aufgrund des Schälverhaltens als „ohne Anomalie“ eingestuft wurden, oxidative Veränderungen in diesem Bereich. Im Rahmen von Nachstellversuchen wurden UV-Alterungen an Rohrbereichen mit und ohne Anomalie durchgeführt, wobei eine reale Einstrahlungsdauer von ca. einem Jahr simuliert wurde. Die anschließend mikroskopisch untersuchte Dicke der degradierten Außenschicht lag hierbei in allen Fällen unterhalb von 200 μm .

Als vergleichsweise schnelle Überprüfungsmethode hat sich die Klassifizierung durch die Messung von wanddickenabhängigen OIT-Profilen herausgestellt. In **Abbildung 2** ist das Verhältnis des OIT-Wertes im Abstand zur Rohraußenseite von 20 Prozent der Rohrwanddicke zum OIT-Maximalwert weiter innen für einzelne Verdachtsfälle gezeigt. Anhand dieser Klassifizierung lassen sich die untersuchten Rohre in drei Gruppen gliedern: stark von der Anomalie betroffene Rohre (rot), keine oder schwach ausgeprägte Anomalie (orange) und keine Anomalie (grün).

Die Gesamtheit der Untersuchungen zeigt, dass die Anomalie auf einen schmalen Bereich der Rohraußenwand beschränkt ist und daher die Betriebsfähigkeit der betroffenen Rohre insofern nicht infrage steht.

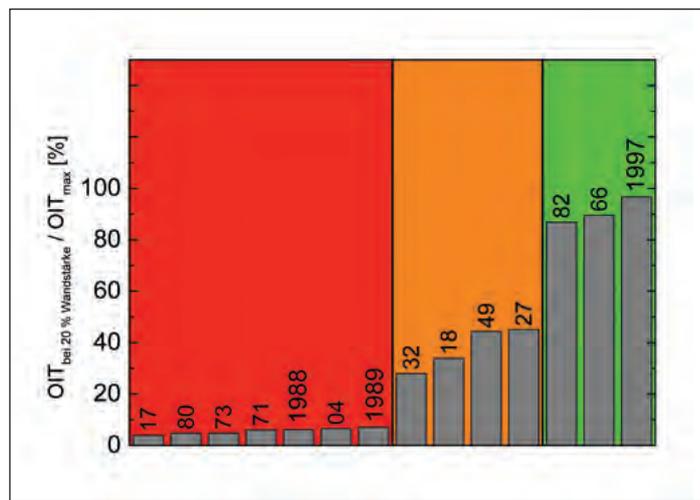


Abb. 2: Klassifizierung verschiedener Verdachtsfälle durch den OIT-Wert im Bereich der Rohroberfläche

Quelle: SKZ

Betriebliche Aspekte

Auch der Einfluss der Anomalie auf den betrieblichen Umgang mit betroffenen PE-Rohrleitungen wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens eingehend untersucht. Da sich die Anomalie in einer oxidativen Veränderung der Rohraußenoberfläche manifestiert, lag der Schwerpunkt hierbei auf der im Rahmen von Einbindungs- oder Reparaturmaßnahmen notwendigen Herstellung von sicheren und dauerhaften Verbindungen. Dazu wurden Heizwendelschweißungen und mechanische Verbindungen bewertet. Zusätzlich wurde die Eignung des Abquetschens für temporäre Absperungen untersucht.

Zum Heizwendelschweißen wurden umfangreiche Versuchsreihen durchgeführt. Dabei wurde der Einfluss mehrmaligen Schälen (1x, 2x, 3x) und des anschließenden Schweißens von Muffen und Anbohrarmaturen untersucht. Zur Bewertung der Verbindung wurden Linearscherversuche (nach DVS 2203-6, Beiblatt 1) und Zeitstand-Innendruckversuche durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass ein einmaliges, normgerechtes Schälen betroffener Rohre in der Regel nicht ausreicht, um eine zuverlässige Schweißverbindung zu erzielen. Alle versuchsweise nach zwei- oder dreimaligem Schälen hergestellten Verbindungen zeigten hingegen keine Auffälligkeiten und erfüllten die Anforderungen (rein duktile Brüche im Linear-

scherversuch nach DVS 2203-6, Beiblatt 1, Mindeststandzeit im Zeitstand-Innendruckversuch von 170 h bei 80 °C nach der zum Herstellzeitpunkt der Rohre geltenden Ausgabe von DIN 8075). Nach vollständiger Entfernung der geschädigten äußeren Schicht wäre also eine Heizwendelschweißung grundsätzlich möglich. Dabei wäre jedoch besonders darauf zu achten, dass der Nennaußendurchmesser nicht um mehr als 0,4 mm unterschritten wird (dies entspricht annähernd einem einmaligen Schälen mit einer Spanabnahme von 0,2 mm an einem Rohr mit Nenndurchmesser ohne typisches Übermaß).

VIELFALT IST UNSERE STÄRKE

www.dus-rohr.de

DYNTEC
(CLOSE-FIT-LINING)...

... ist nur eines von vielen weiteren grabenlosen Rohr-sanierungsverfahren, die wir anbieten.

Deutschlandweit vertreten

DIRINGER & SCHEIDEL
ROHRANIERUNG GMBH & CO. KG

D&S

INFORMATIONEN

Materialanomalie bei in Betrieb befindlichen Gasrohren aus Polyethylen – Handlungsempfehlungen

Die Anomalie wurde ab dem Jahr 2007 bei betrieblichen Maßnahmen an Leitungen aus PE-Gasrohren verschiedener Hersteller aus der Herstellungszeit zwischen 1979 und 1992 mit Außendurchmessern von 32 bis 225 mm bemerkt. Als Ursache wird die Materialformulierung eines einzelnen, damals verwendeten Werkstoffs vermutet. Der Anomalie zugeordnete Materialveränderungen wurden zum größten Teil nur in einem Materialband bis zu maximal 0,4 mm Tiefe unterhalb der Rohraußenoberfläche festgestellt.

Anomalie-betroffene Rohrleitungsabschnitte stellen aufgrund ihres Materialverhaltens und der Seltenheit ihres Auftretens einen Sonderfall im Netzbetrieb dar und müssen daher bei Bauarbeiten besonderen Arbeitsabläufen unterliegen, die von der üblichen Praxis im Rahmen der allgemein anerkannten Regeln der Technik erheblich abweichen können.

Grundsätzliches

- Es gibt keine Hinweise, dass die technische Nutzungsdauer Anomalie-betroffener Rohre und Verbindungen eingeschränkt ist.
- Aus der Praxis ist keine erhöhte Leckstellenrate an Anomalie-betroffenen Rohrleitungen bekannt.
- Von 2007 bis Mitte 2021 wurden insgesamt über 600 Rohrleitungsabschnitte mit Anomalieverdacht gemeldet.
- Die Meldungen sind zum größten Teil einem nicht mehr existierenden Rohrhersteller zuzuordnen.

Betrieb

- Monteure müssen im Rahmen ihrer Ausbildung nach den DVGW-Arbeitsblättern GW 326 bzw. GW 330 so geschult sein, dass sie eine Anomalie erkennen können.

- Neben der Rohroberfläche, die eine Anomalie nicht in allen Ausprägungen erkennen lässt, ist insbesondere der Span als Kriterium heranzuziehen (Dicke, Festigkeit, Gleichmäßigkeit).
- Das Abquetschen Anomalie-betroffener Rohre wird als unauffällig bewertet, es gibt keine Hinweise auf ein vorzeitiges Versagen.

Verbindungen sollten möglichst an Rohrleitungsabschnitten ohne Anomalie hergestellt werden. Soweit sich neue Verbindungen an Anomalie-betroffenen Rohrleitungsabschnitten nicht vermeiden lassen, gilt:

- Für mechanische Verbindungen muss die Aufsicht nach DVGW-Arbeitsblatt GW 326 eingebunden werden. Voraussetzung der Herstellung einer mechanischen Verbindung ist eine ausdrücklich auf die PE-Anomalie bezogene Freigabe des Verbinders durch dessen Hersteller und die Einhaltung seiner Hinweise, insbesondere zur Verbindungsvorbereitung.
- Für Schweißungen muss die Aufsicht nach DVGW-Merkblatt GW 331 eingebunden werden. Einerseits muss die Anomalie-betroffene Rohroberfläche vollständig entfernt werden, wozu ein mehrfaches Schälen erforderlich sein kann. Andererseits dürfen dabei schweißtechnisch erforderliche Mindestmaße von Wanddicke und Außendurchmesser nicht unterschritten werden. Aufgrund erheblicher Abweichungen von der üblichen Praxis infolge einer schwierigen Beurteilung im Hinblick auf eine zuverlässige Schweißbarkeit wird von Schweißungen an Anomalie-betroffenen Rohrleitungsabschnitten abgeraten.

Zur Bewertung von mechanischen Verbindungen wurden mechanische Verbindungen mit Bauteilen (mechanische Pressverbinder, Anbohrarmaturen und Kupplungen) zweier Hersteller realisiert. Die dabei verwendeten, von der Anomalie betroffenen Rohre erfüllten anschließend die zum Herstellungszeitpunkt dieser Rohre gültigen Anforderungen im Zeitstand-

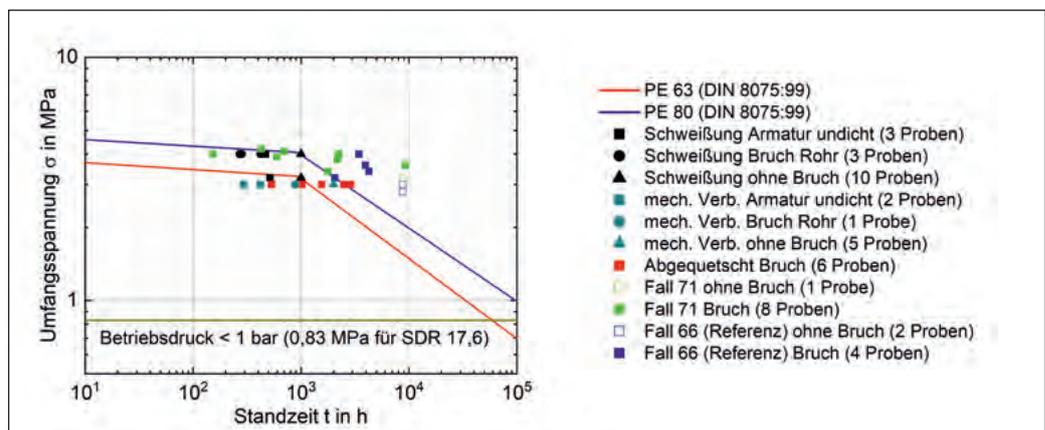


Abb. 3: Übersicht aller durchgeführten Zeitstand-Innendruckversuche

Quelle: SKZ

Tabelle 1: Anforderungen im Zeitstand-Innendruckversuch in verschiedenen Versionen von DIN 8075

Norm	Jahr	Werkstoff	Temperatur	Spannung	Standzeit
DIN 8075, Teil 1	1976	PE-Hart, Typ 1	80 °C	3,0 MPa	170 h
DIN 8075, Teil 2	1980	PE-HD, Typ 2	80 °C	4,0 MPa	170 h
DIN 8075	1987	PE-HD	80 °C	4,0 MPa	170 h
DIN 8075	1999	PE 63 PE 80 PE 100	80 °C	3,2 MPa (PE 63) 4,0 MPa (PE 80) 5,0 MPa (PE 100)	1.000 h

Quelle: die Autoren

Innendruckversuch (Mindeststandzeit von 170 h bei 80 °C nach der einschlägigen Ausgabe von DIN 8075).

Abgequetschte, von der Anomalie betroffene Rohre wurden Dichtheitsprüfungen unterzogen. Die gemessenen Schleichgasmengen sind vergleichbar mit den im DVGW-Forschungsvorhaben G 201414 an neuen PE-Rohren gemessenen Werten [4]. Diese Rohre erfüllten anschließend gleichfalls die oben genannten Anforderungen im Zeitstand-Innendruckversuch.

Langzeitverhalten

Zur Beurteilung des Langzeitverhaltens wurden an von der Anomalie betroffenen Rohren und an Vergleichsrohren ohne Anomalie mehrere Zeitstand-Innendruckversuche und Untersuchungen im Rahmen von Ofenalterungen durchgeführt.

Beim Zeitstand-Innendruckversuch zeigten die betroffenen Rohre ein unauffälliges Verhalten. Insbesondere wurden die zum Herstellzeitpunkt der Rohre gültigen Anforderungen (170 h bei 80 °C und 3,0 MPa für PE Typ 1 bzw. 4,0 MPa für PE Typ 2; siehe **Tabelle 1**) erfüllt. Darüber hinaus haben Versuche mit Standzeiten von mehr als einem Jahr gezeigt, dass das Zeitstand-Innendruckverhalten dieser Rohre dem der Festigkeitsklassen PE 63 (Typ 1) bzw. PE 80 (Typ 2) vergleichbar ist (**Abb. 3**).

Die bei 70 °C, 80 °C und 90 °C durchgeführten Ofenalterungen zeigten zwar insbesondere für die von der Anomalie betroffenen Rohre eine weitere Reduktion der Stabilisierung (abnehmende OIT-Werte). Aber auch nach einem Jahr Alterungszeit lieferten die infrarotspektroskopischen und mechanischen Untersuchungen keine Hinweise auf weitergehende Abbauprozesse.

Unter Berücksichtigung des anliegenden Betriebsdrucks und der Bettungssituation (Sandbettung, kühl und dunkel) geben die Ergebnisse keine Hinweise auf eine Einschränkung der Nutzungsdauer.

Handlungsempfehlungen

Basierend auf den Ergebnissen des Forschungsvorhabens und der Erfahrung von Netzbetreibern hat die Projektbegleitgruppe, in der die beteiligten Prüflabore, zahlreiche Netzbetreiber sowie diverse Rohstoff- und Bauteil-/Rohrhersteller vertreten waren, Einvernehmen über den betrieblichen Umgang mit von der Anomalie betroffenen Rohrleitungen erzielt (siehe Infokasten). ■

Literatur

- [1] DVGW-Forschungsvorhaben G 201510: „Untersuchung der Ursachen und Auswirkungen von Materialanomalien bei in Betrieb befindlichen gelben Gasrohren aus PE 80“, zu beziehen unter www.dvgw-regelwerk.de/plus.
- [2] Scholten, F., Wolters, M., Wenzel, M., Wüst, J., Heinemann, J., Bockenheimer, A.: Integrität von PE-Gas-/Wasserleitungen der ersten Generation, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 10/2010.

- [3] DVGW-Rundschreiben G 02/15: Materialanomalie an Gasrohren PE 80 gelb – Handlungsempfehlungen zur Gewährleistung des sicheren Betriebes, Bonn 2015.
- [4] Bilsing, A., Müller-Syring, G., Wenzel, M., Postma, P. J., Weßing, W.: Zum Abquetschen und Rückrunden von Kunststoffrohren, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 1/2018.

Die Autoren

Dr. Mirko Wenzel ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschung und Entwicklung am SKZ – Das Kunststoff-Zentrum.

Dr.-Ing. Kurt Engelsing ist Leiter der Gruppe Bauteileigenschaften in der Forschung und Entwicklung am SKZ – Das Kunststoff-Zentrum.

Hans-Dieter Plum ist Leiter des mechanischen Prüflabors am Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen.

Prof. Dr. Rainer Dahlmann ist wissenschaftlicher Direktor am Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen.

Werner Weßing leitete den DVGW-Projektbegleitkreis und ist freier Mitarbeiter beim Office for Green Gas.

Dirk Grahl ist Referent im Spezialservice Gas im Bereich Integrity Management der Westnetz GmbH.

Klaus Büschel ist Referent Wasserversorgungssysteme in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn und betreut den DIN/DVGW-Gemeinschaftsarbeitsausschuss „Kunststoffrohrleitungssysteme außerhalb von Gebäuden“.

Kontakt:

Dr. Mirko Wenzel
SKZ – KFE gGmbH
Friedrich-Bergius-Ring 22
97076 Würzburg
Tel.: 0931 4104-347
E-Mail: m.wenzel@skz.de
Internet: www.skz.de